Aus dem Institut für gerichtliche und soziale Medizin
der Universität Würzburg
Vorstand: Professor Dr. K. Walcher.

# Quantitative Kohlenoxyd-Hämoglobin-Bestimmung mit der stufenphotometrischen Methode nach Oettel

Inaugural-Dissertation

verfaßt und der

Hohen Medizinischen Fakultät

der

Julius-Maximilians-Universität Würzburg

zur

Erlangung der medizinischen Doktorwürde

vorgelegt von

Werner Kurpiers
aus Stolp/Pommern

1939

Druckerei wissenschaftlicher Werke Konrad Triltsch, Würzburg-Aumühle

Gedruckt mit Genehmigung der Medizinischen Fakultät
der Universität Würzburg.

Berichterstatter: Professor Dr. K. Walcher.

R. UNIV.
BIBLIOTHEEK
LEIDEN

Zum Nachweis von Kohlenoxyd im Blut stehen chemische und physikalische Untersuchungsmethoden zur Verfügung.

Bei den chemischen Methoden wird der Nachweis hauptsächlich qualitativ erbracht.

Im folgenden sollen einige chemische und physikalische Methoden angeführt werden.

1. Chemisch.

Die chemischen Proben beruhen teilweise darauf, daß Blut mit Reagentien behandelt wird, die die Farbe des normalen Blutes verändern, nicht aber die des Kohlenoxydblutes.

Hoppe-Seyler versetzt defibriniertes Blut mit der einfachen oder doppelten Menge Ätznatronlauge von 1,3 spez. Gewicht. Nach Umschütteln erhält er eine schwarze schleimige Masse, die in dünner Schicht auf Porzellan grünbraun erscheint. Kohlenoxydblut ebenso behandelt, ergibt eine fast geronnene Masse von roter Farbe, die auf Porzellan mennigerot bis zinnoberrot erscheint.

Katayama verdünnt 1 ccm Blut mit 50 ccm destilliertem Wasser und gießt davon 10 ccm in ein Reagenzglas. Dieser Lösung werden 0,2 ccm orangefarbenes Schwefelammonium und 0,2 bis 0,3 ccm verdünnte Essigsäure hinzugesetzt und dann gemischt. Bei Kohlenoxydblut zeigt sich eine rosarote Färbung unter Flockenbildung, das Normalblut dagegen verfärbt sich grüngrau oder rötlich graugrün. Die Flocken fallen nach 24 Stunden zu Boden. Bei Kohlenoxydblut ist die darüberstehende Flüssigkeit rot, beim normalen Blut schmutziggrün.

Rubner weist Kohlenoxyd nach, indem er dem Normal- bezw. Kohlenoxydblut die vier- bis fünffache Menge Bleiessig zusetzt und 1 Minute kräftig durchschüttelt. Kohlenoxydblut bleibt rot, das normale Blut wird bräunlich.

Liebmann geht bei seiner Methode so vor, daß er zu 10 ccm des kohlenoxydhaltigen Blutes die gleiche Menge 40%igen Formalins gibt und kräftig umschüttelt. Das gleiche geschieht mit Normalblut. Beide Proben zeigen zuerst eine hellrote Farbe. Es zeigt sich jedoch dann bald bei der kohlenoxydhaltigen Probe ein dunkleres Rot, bei dem Normalblut eine schmutzigbraune Farbe unter gleichzeitiger Koagulation.

Kunkel weist Kohlenoxyd nach, indem er wässerige Verdünnungen von 1 : 10 des kohlenoxydhaltigen und des normalen Blutes herstellt und dann die Farben der Niederschläge vergleicht. Die Niederschläge des Kohlenoxydblutes sind sofort oder nach kurzer Zeit blaurot, die des Normalblutes zeigen eine braune Farbe.

Salkowski geht so vor, daß er ein Reagenzglas mit einem Drittel Schwefelwasserstoffwasser füllt und 2—3 Tropfen Normalblut hinzugibt. Nach mehrmaligem Umschütteln zeigt sich nach einigen Minuten eine schmutziggrüne Verfärbung, die dadurch entsteht, daß sich Schwefelmethaemoglobin bildet. Dasselbe mit Kohlenoxydblut durchgeführt, ergibt keine auffallende Veränderung der Farbe.

Landois versetzte 3 ccm Kohlenoxydblut mit 100 ccm destilliertem Wasser, ebenso dieselbe Menge Normalblut. Dann werden einige Tropfen verdünnter Kalilauge, sowie einige Tropfen wässeriger Pyrogallollösung hinzugegeben. Die Proben werden kurz umgeschüttelt und bis zum Rande gefüllt und vor Luftzutritt geschützt. Das Normalblut wird mißfarben braun, dagegen behält das Kohlenoxydblut seine rote Farbe.

Außerdem kann man Kohlenoxyd dadurch nachweisen, indem man das Kohlenoxyd durch Luft aus dem Blute austreibt und diese durch eine verdünnte Palladiumchlorürlösung leitet, die neutrales Natriumazetat enthält. Durch das Kohlenoxyd wird Palladiumchlorür reduziert zu schwarzem Palladium.

Scholten gibt ein Verfahren an, das eine quantitative Kohlenoxydbestimmung ermöglicht und auch empfindlich genug ist, um geringe Mengen von Kohlenoxyd im Blut zu bestimmen. Es handelt sich hierbei um ein kolorimetrisches Verfahren durch Farbvergleichung. Der Kohlenoxydgehalt kann dabei von einer Skala abgelesen werden. Die kolorimetrische Bestimmung wird mit einer chemischen Reaktion verbunden und zwar mit der Reduktion von Schwermetallsalzlösungen durch das Kohlenoxyd. Hierdurch wird eine anhaltende und genügende Farbdifferenz erzielt. Benutzt wurden alkalische Siöbersalzlösungen. Der chemische Vorgang ergibt sich aus der Formel $Ag_2 + CO = 2\,Ag + CO_2$. Dabei findet eine Abscheidung von metallischem Silber statt, die dem Kohlenoxydgehalt entspricht. Die Abscheidung des Silbers tritt in hochdisperser Form ein bei der geringen Gasmenge, die untersucht wird, so daß die Lösung eine starke Braunfärbung zeigt. Der Grad der Braunfärbung wird dann mittels Kolorimeter bestimmt.

Praktische Ausführung der Probe: Eine Pipette, die entsprechend geeicht ist, wird durch Aufsaugen mit frischem, nichtgeronnenem Blut bis zur Marke I gefüllt. Die Außenseite der

Pipette muß dann von noch anhaftendem Blut gesäubert werden. Jetzt wird bis zur Marke II die Reaktionsflüssigkeit aufgesaugt und einige Male umgeschüttelt. Daraufhin wird das Gemisch in eine Kapillare gebracht, die trocken und rein sein muß, und mit einer Gummikapsel verschlossen. Nun wird die Kapillare genau 10 Minuten in ein Wasserbad von 70° gebracht. In dieser Zeit geht die Umsetzung des Kohlenoxyds mit der Silberlösung vor sich. Anschließend wird die Kapillare abgekühlt und in das Kolorimeter gebracht und die Farbstärke sowie der Kohlenoxydgehalt bestimmt. Die Reaktionsflüssigkeit besteht aus einer Auflösung von Silberoxyd in Ammoniak, versetzt mit Pyridin.

Die Empfindlichkeit der Probe soll bis zu 5 % des Kohlenoxydgehaltes betragen. Die Probe kann als chemisch-physikalische angesehen werden.

2. Physikalisch.

Schwarzacher gibt eine Methode an, die zeigt, wie es möglich ist, mittels eines physiologischen Effektes und unter Berücksichtigung des Gesetzes der Differenzfarben die charakteristische Schattierung der Farbe des CO-Haemoglobins darzustellen.

Drei Reagenzgläser werden mit folgenden Lösungen gefüllt: in das 1. Glas kommt eine ca. 1 : 200fache wässerige Verdünnung des verdächtigen CO-haltigen Blutes, in das 2. Glas eine ebenso verdünnte Menge CO-freien Blutes zum Vergleich. Das 3. Glas wird mit einer etwa 0,2 % himmelblauen Cupriammoniumsulfatlösung gefüllt. Wenn man nun diese drei Gläser bündelförmig zusammenfaßt, und sieht man dann einmal so gegen einen lichten Hintergrund, daß das Reagenzglas mit der CO-Haemoglobinlösung gerade vor das Glas mit dem Kupfersalz und die Kontrollblutlösung links davon zu liegen kommt, so hat man den Eindruck, als ob eine gelbe und blaue Farblösung nebeneinander stünden. Nun wendet man die Durchblickrichtung so, daß das Kontrollblut gerade auf die blaue Kupferlösung aufdeckt und die Kohlenoxydverdünnung rechts davon steht. Es ergibt sich dann der Anblick zweier nebeneinanderstehender grün und rot gefärbten Lösungen. Dieses Verfahren kann als ein sehr einfaches spektroskopisches angesehen werden.

Es ist nun aber auch möglich, Kohlenoxydhaemoglobin spektrophotometrisch qualitativ nachzuweisen. Ein ziemlich sicherer Nachweis, auch kleinster COHb-Mengen, ist die Aufnahme einer typischen Farbkurve der oxydierten und reduzierten alkalischen Blutlösung und Untersuchung der Abweichungen gegenüber der Normalkurve. Jedoch ist dieser Nachweis sehr umständlich zu führen und nimmt längere Zeit in Anspruch.

Der Zweck dieser Arbeit ist die Prüfung einer quantitativen Nachweismethode des Kohlenoxydhaemoglobins auf spektrophotometrischem Wege.

Zunächst einiges über die Spektrophotometrie.

Unter Spektrophotometrie versteht man die Messung von Lichtintensitäten in den verschiedenen Teilen des Spektrums. Das gilt für Emissions- und für Absorptionsspektren. Durch die Absorptionssepktrophotometrie ist es möglich, die Lichtabsorption in den verschiedensten Abschnitten des Spektrums zu messen. „Sie ist die Methode der quantitativen Auswertung von Absorptionsspektren." (H e i l m e y e r.)

Auf medizinischem Gebiet erstreckt sie sich auf die Untersuchung von gefärbten Körperflüssigkeiten sowie von physiologisch und klinisch wichtigen Farbstoffen.

Das Absorptionsgesetz bildet die Grundlage aller photometrischen Messungen. Wenn man die Intensität des in ein durch planparallele Flächen begrenztes homogenes Medium einfallenden Lichtes mit $J_0$ und die des austretenden Lichtes mit $J_1$ bei einer Schichtdicke von 1 cm bezeichnet, so beträgt die durch n cm Schicht hindurchgegangene Lichtintensität $i = \frac{(J_1)\,n}{J_0}$

Es erfolgt also die Lichtabsorption im geometrischen Verhältnis zu der Dicke der absorbierten Schicht (Lambert'sches Gesetz). Für verschiedene Konzentrationen von gelösten Farbstoffen gilt dasselbe Gesetz (Beer'sches Gesetz). Allgemein ist die Schwächung des Lichtes dieselbe, ob ein Farbstoff von der Konzentration 2 in1cm Schicht das einfallende Licht absorbiert oder ob das Licht den gleichen Farbstoff von der Konzentration 1 in 2 cm Schicht durchstrahlt. Es treffen ja in einer homogenen Flüssigkeit die Lichtstrahlen in Flüssigkeitsschichten von gleicher Dicke auf die gleiche Anzahl von Molekülen. Je mehr absorbierende Moleküle sich den Lichtstrahlen in den Weg stellen, umso größer wird auch der Lichtverlust sein. Es ist für die Größe der Lichtabsorption gleichgültig, ob die Moleküle auf eine dünne oder dicke Schicht verteilt sind; deshalb können auch Schichtdicke und Konzentration miteinander vertauscht werden.

Ein weiterer wichtiger Begriff ist die Extinktion. Man versteht darunter das Verhältnis der Intensität des durch einen absorbierenden Körper hindurchgehenden Lichtes zu der des auffallenden. „Die Extinktion, bezogen auf die Einheit der Schichtdicke, heißt Extinktionskoeffizient." (Heilmeyer)

Auf Grund der angeführten Gesetze und der Extinktion wurden Methoden zur photometrischen Bestimmung von Farbstoffen ausgearbeitet. Es gelang auf medizinischem Gebiet, den Hb-Gehalt

des Blutes, sowie auch den CO-Hb- und Oxy-Hb-Gehalt zu bestimmen.

Für die vorliegende Arbeit interessiert die stufenphotometrische Bestimmung des CO-Gehaltes des Blutes. Hierfür sind von verschiedenen Autoren Methoden ausgearbeitet worden.

In letzter Zeit wurde von Oettel eine Methode angegeben, die es ermöglicht, mit dem Stufenphotometer schnell und einfach den Kohlenoxydhaemoglobingehalt zu bestimmen. Das Verfahren soll für klinische und forensische Zwecke völlig ausreichend sein.

Die Untersuchungen, die dieser Arbeit zu Grunde liegen, wurden mit dem Zeiß'schen Pulfrich-Photometer (Stufenphotometer) ausgeführt. Das Meßverfahren beim Pulfrichphotometer ist gegenüber dem großen Spektralphotometer so vereinfacht, daß es ohne besondere Voraussetzungen ausgeführt werden kann.

## Prinzip des Instrumentes.

Beim Pulfrichphotometer werden als Monochromator Farbfilter von ganz bestimmter Durchlässigkeit verwendet. Mittels einer Drehscheibe werden sie vor das Okular geschaltet. Die Lichtschwächung erfolgt durch eine Blende, die mit einer Meßtrommel bedient wird, auf welcher der Wert der Lichtintensität sowie die Extinktion sofort abgelesen werden können.

## Beschreibung des Instrumentes.

Das Instrument besteht aus dem Photometer und der Lichtquelle, welche auf einer Flachschiene befestigt sind. Die optischen Teile des Photometers bestehen aus einem auf unendlich eingestellten monokularen Doppelfernrohr. Dadurch, daß in den Strahlengang besondere Lichtfilter eingesetzt werden können, erhält das Stufenphotometer den Charakter eines Spektralphotometers. Die Filter sind vor dem Okular in eine drehbare Scheibe eingesetzt. Vor den Objektivöffnungen befinden sich die Küvettenhalter zum Einsetzen der Küvetten, die verschiedene Schichtdicke haben können. Als Lichtquelle dient eine Nitralampe.

## Meßvorgang bei der Bestimmung der Extinktion.

Beide Meßtrommeln werden auf Null eingestellt. Dann werden die beiden Küvetten gefüllt, die eine mit der Blutlösung, die andere mit destilliertem Wasser, und in die Küvettenhalter eingesetzt. Blickt man durch das Okular, und hat man durch Drehen des Okulars die Trennungslinie des Gesichtsfeldes scharf eingestellt, so erscheint die eine Gesichtshälfte in der Farbe der Lösung, die andere weiß. Es wird nun das geeignete Filter vorgeschaltet.

Jetzt verschwindet der Farbunterschied und das Gesichtsfeld erscheint auf beiden Hälften in der Farbe des Filters, jedoch viel dunkler auf der einen Seite als auf der anderen. Dreht man nun die der helleren Seite gegenüberliegende Trommel, so wird die Helligkeit der helleren Gesichtshälfte verringert. Dies geschieht solange, bis gleiche Helligkeit vorliegt. Herrscht gleiche Helligkeit, so wird sofort von der Meßtrommel der Wert der Lichtintensität, sowie der Extinktionswert abgelesen.

Ein anderes, mithin am besten entwickeltes Spektralphotometer ist das von König u. Martens. Für physiologische und klinische Zwecke soll es das beste deutsche Laboratoriumsinstrument sein. Bei diesem Instrument dient als Monochromator ein Prismenspektroskop, das zwei Spektren nebeneinander entwirft und zwar das des Lichtes, welches durch die Farblösung geht und das der Lichtquelle selbst. Durch eine Einrichtung kann die Helligkeit des Spektrums der Farblösung in dem gleichen Abschnitt meßbar vermindert werden. Die Messung der Lichtabsorption geschieht durch Einstellung auf gleiche Helligkeit.

Oettel benutzt bei seiner stufenphotometrischen Kohlenoxydhaemoglglobinbestimmung den Unterschied der mit denFiltern $S_{53}$ und $S_{57}$ gemessenen Extinktionswerte einer mit Natriumhydrosulfit ($Na_2S_2O_4$) versetzten Blutlösung.

Die Vorschrift zur Bestimmung des CO-Hb-Gehaltes lautet: „Aus der Fingerbeere oder dem Ohrläppchen werden mit einer Blutpipette 20 oder 25 cmm Blut entnommen und im Reagenzglas mit kalter 0,1 % Ammoniaklösung auf etwa 2 bezw. 2,5 ccm verdünnt. Der haemolysierten, etwa 1%igen Blutlösung wird eine Spur Natriumhydrosulfit zugesetzt, wodurch das vorhandene Oxyhaemoglobin in Haemoglobin reduziert wird, aber Kohlenoxydhaemoglobin unverändert bleibt. Dann wird sofort die Extinktion der reduzierten Blutlösung bei 0,5 cm Schichtdicke im Stufenphotometer mit den Filtern $S_{57}$ und $S_{53}$ gemessen. Aus den gefundenen Extinktionswerten wird der Quotient $Q = ES_{53}/ES_{57}$ gebildet und nach der Formel

$$CO\ Hb\% = \frac{100\ Q - 93}{0{,}4}$$

wird der Gehalt an Kohlenoxydhaemoglobin berechnet."

Außer der Oettel'schen Methode soll noch kurz die von Heilmeyer angegebene Methode erwähnt werden, sowie die von May.

Heilmeyer geht so vor, daß er 25 bzw. 50 cmm Blut entnimmt und mit 2475 bzw. 4950 cmm 0,4 % Ammoniaklösung verdünnt, die Lösung in eine Küvette von 0,5 bzw. 1 cm Schicht einfüllt und gegen destilliertes Wasser photometriert bei Wellen-

länge 576 und 560, die beiden Extinktionen berechnet (bei den neuen Pulfrichphotometern kann die Extinktion sofort von der Trommel abgelesen werden) und daraus den Quotienten $\frac{E\ 576}{E\ 560}$ bildet und den entsprechenden CO Hb-Wert aus einer dafür angefertigten Kurve entnimmt. Die Methode soll ebenfalls nur wenig Zeit in Anspruch nehmen.

Mey verwendet bei seiner Methode ebenfalls das Pulfrichphotometer, jedoch unter Benutzung von monochromatischem Licht, das von einer Quecksilberdampflampe geliefert wird. Dadurch werden Mischlichtfelder vermieden.

Das Prinzip dieses Verfahrens ist, daß die Co-Hb-haltige Blutlösung gegen eine Vergleichsflüssigkeit photometriert wird. Die Vergleichslösung soll eine mit Kohlenoxyd gesättigte Blutlösung von gleicher Hb-Konzentration sein.

Mittels dieses Verfahrens soll es möglich sein, sehr kleine Mengen von Kohlenoxydhaemoglobin festzustellen. Die kleinste meßbare Kohlenoxydhaemoglobinmenge soll dabei ca. 2 % betragen.

An Hand mehrere Versuche habe ich die von Oettel angegebene Methode nachgeprüft.

Erwähnt sei noch, daß für Leuchtgas dieselben Absorptionsverhältnisse gelten wie für Kohlenoxydgas.

Bei der Herstellung der Blutlösungen wurde folgendermaßen vorgegangen:

Einer Leiche entnommenes flüssiges Blut wurde ca. 12 Stunden mit Leuchtgas gesättigt (Sättigung soll schon noch 20 Minuten eintreten). Unter der Annahme einer vollständigen Sättigung mit Leuchtgas wurden Blutlösungen verschiedener Konzentrationen hergestellt und zwar:

70, 60, 50, 40, 30, 20, 10 — 1%ige Lösungen.

Daraufhin wurden diese Lösungen nach den Oettel'schen Angaben mit 0,1 % kalter Ammoniaklösung zu einer 1 % Blutlösung verdünnt und zur Reduktion eine Spur Natriumhydrosulfit ($Na_2S_2O_4$) hinzugesetzt.

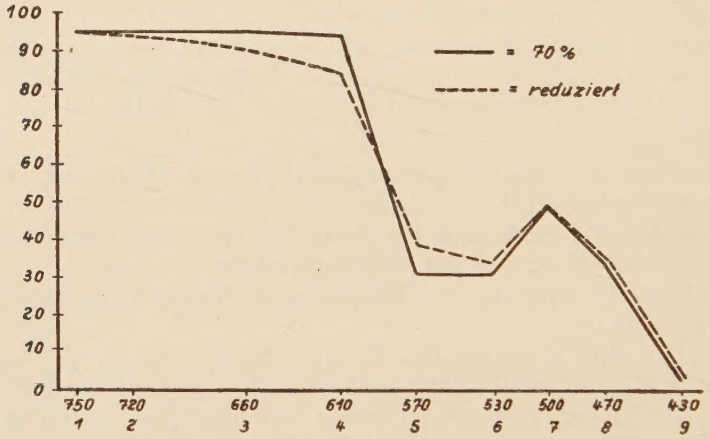
Mit dem Zeiß'schen Pulfrichphotometer wurden dann die Extinktionswerte der Filter 57 und 53 bestimmt und zwar je 10 Ablesungen (nach 5 Ablesungen die Küvetten vertauscht) und daraus der Mittelwert errechnet, der Quotient gebildet und nach der Formel $CO\ Hb\ \% = \frac{100\ Q - 93}{0{,}4}$ der Kohlenoxydhaemoglobingehalt berechnet.

Ich fand für die einzelnen Lösungen folgende Prozentzahlen:

| | | | | |
|---|---|---|---|---|
| Eine 70%ige | reduzierte | Lösung | ergab: | 61,22 % COHb |
| 60%ige | „ | „ | „ | 57,50 % COHb |
| 50%ige | „ | „ | „ | 47,00 % COHb |
| 40%ige | „ | „ | „ | 37,00 % COHb |
| 30%ige | „ | „ | „ | 30,20 % COHb |

Die Untersuchung der 20%igen und der darunterliegenden reduzierten Lösungen ergab keine verwertbaren Resultate mehr.

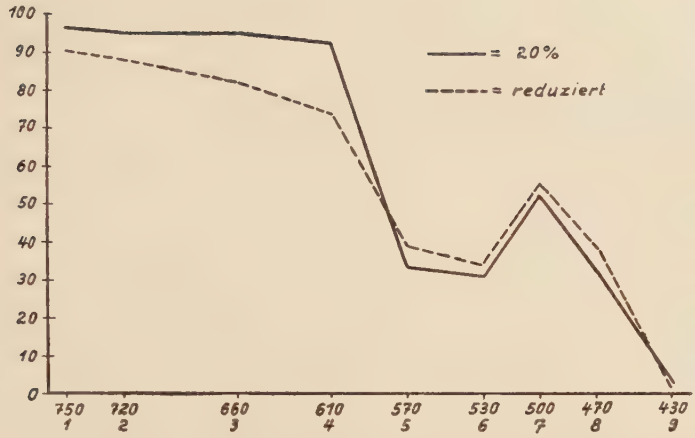
Für die 70-, 20- und 10%igen nicht reduzierten und reduzierten Blutlösungen habe ich die Absorptionswerte der Filter 1 — 9 kurvenmäßig dargestellt nach Errechnung des Mittelwertes aus je 10 Ablesungen.




**Verlauf der Kurve einer 70%igen nichtreduzierten und reduzierten COHb-Lösung.**

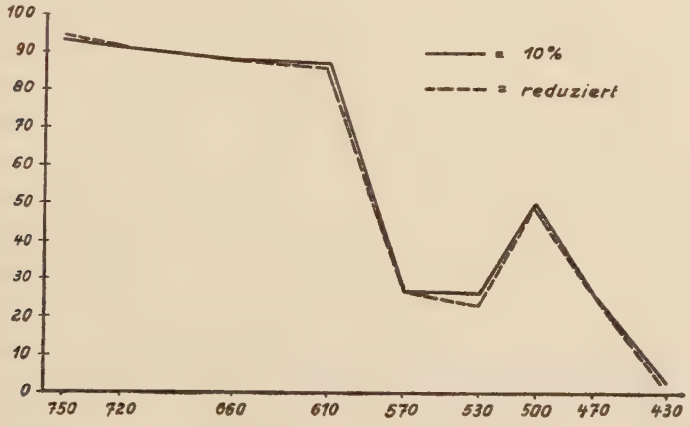
Die Kurve der 70%igen, nicht reduzierten Lösung zeigt zwischen den Filtern 1 — 4 fast gleichbleibende Werte, um bei Filter 5 steil abzufallen und bis Filter 6 gleichzubleiben. Bis Filter 7 zeigt sich wieder ein Anstieg, um daraufhin bis Filter 9 wieder steil abzufallen.

Die Kurve der reduzierten Lösung fällt bis Filter 4 etwas schneller ab, um dann ebenfalls steil abzufallen, unterschreitet jedoch nicht die Kurve der nicht reduzierten Lösung bei Filter 5 und 6. Steigt dann wieder an bis Filter 7 und fällt dann, fast gleichverlaufend mit der Kurve der nicht reduzierten Lösung, bis Filter 9 steil ab.




**Verlauf der Kurve einer 20%igen nicht reduzierten und reduzierten COHb-Lösung.**

Die Kurve der 20%igen Lösung zeigt einen ähnlichen Verlauf wie die 70%ige Lösung. Nur fällt die Kurve der reduzierten Lösung bis Filter 4 etwas schneller ab; ebenso ist der Abfall zwischen Filter 7 und 9 nicht so gleichmäßig wie bei der 70%igen Lösung.




**Verlauf der Kurve einer 10%igen nicht reduzierten und reduzierten COHb-Lösung.**

Die Kurve der 10%igen nicht reduzierten und reduzierten Lösung verläuft bis Filter 4 fast gleich, um dann ebenfalls bis

Filter 5 gleichmäßig abzufallen. Bei Filter 6 unterschreitet die Kurve der reduzierten Lösung die der nicht reduzierten Lösung im Gegensatz zu den beiden anderen Kurven (70- und 20%ige). Beide Kurven steigen dann fast gleichmäßig bis Filter 7 an, um dann fast ebenso wieder bis Filter 9 abzufallen.

Ich habe dann nochmals die Versuche wiederholt mit einem erneut mit Leuchtgas gesättigten Leichenblut und folgende Lösungen hergestellt:

100, 70, 60, 50, 40, 30, 25, 20 und 15prozentig.

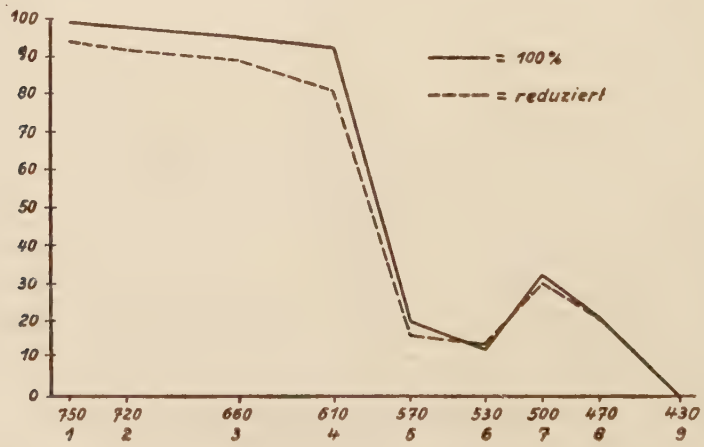
Wiederum je 10 Ablesungen vorgenommen und den Mittelwert bestimmt.

Für die einzelnen Lösungen fand ich folgende Prozentzahlen:

| | | | | |
|---|---|---|---|---|
| Eine 100%ige | reduzierte | Lösung | ergab: | 80,75 % COHb |
| 70%ige | „ | „ | „ | 71,75 % COHb |
| 60%ige | „ | „ | „ | 60,20 % COHb |
| 50%ige | „ | „ | „ | 48,00 % COHb |
| 40%ige | „ | „ | „ | 42,50 % COHb |
| 30%ige | „ | „ | „ | 34,00 % COHb |
| 25%ige | „ | „ | „ | 25,25 % COHb |
| 20%ige | „ | „ | „ | 21,75 % COHb |

Die Untersuchung der 15%igen reduzierten Lösung ergab kein brauchbares Resultat mehr.

Für die 100%ige nicht reduzierte Lösung habe ich nochmals die Absorptionswerte der Filter 1 bis 9 kurvenmäßig dargestellt.



### Verlauf der Kurve einer 100%igen nicht reduzierten und reduzierten COHb-Lösung.

Die Kurve der 100%igen nicht reduzierten Lösung fällt bis Filter 4 leicht, dann bis Filter 5 steil und weiterhin langsam bis Filter 6 ab. Steigt dann wieder bis Filter 7 an und fällt bis Filter 9 gleichmäßig ab.

Die Kurve der reduzierten Lösung fällt bis Filter 4 bzw. Filter 5 etwas stärker ab und unterschreitet sogar bei Filter 5 die Kurve der nicht reduzierten Lösung. Bei Filter 6 liegt sie wieder etwas höher und beide Kurven verlaufen dann fast gleich bis Filter 9 abfallend.

Praktisch konnte ich einmal diese Methode bei einem an Leuchtgasvergiftung verstorbenen Manne anwenden und fand einen COHb-Gehalt von 52,5 % (chemische Proben Formalin, KOH, Tannin + + +. Spektroskopisch ebenfalls positiver Nachweis).

### Schluß.

Abschließend kann über die Oettel'sche Kohlenoxydbestimmung im Blut gesagt werden, daß es mit ihrer Hilfe möglich ist, den COHb-Gehalt zwischen 70 % und 20 % mit einer ausreichenden Genauigkeit zu bestimmen. Die Fehlergrenze bleibt, wie aus den Versuchen hervorgeht, nach oben und unten etwa gleich und schwankt nur um wenige Prozente.

Eine größere Fehlergrenze ergab allerdings die Untersuchung einer 100%igen Blutlösung, etwa 20 %.

Schwierig gestaltete sich die Bestimmung der Extinktionswerte der 25%- und 20%igen Lösung. In der ersten Versuchsanordnung war es nicht möglich, für eine 20%- und 10%ige Lösung noch brauchbare Werte zu finden.

Bei der 2. Versuchsanordnung wurde die Untersuchung der niedrigen Lösungen im verdunkelten Raume durchgeführt, so daß bei völliger Adaption für die 25%- und 20%ige Lösung sogar ziemlich genaue Werte gefunden werden konnten. Für die 15%ige Lösung ließ sich allerdings ein verwertbares Resultat nicht mehr erzielen.

### Zusammenfassung.

Zusammenfassend läßt sich sagen, daß die Methode zur Bestimmung des Kohlenoxydhaemoglobingehaltes für Konzentrationen zwischen 70 % und 20 % praktisch anwendbar ist, der Fehler ist nur gering.

## Schrifttum.


Heilmeyer, L.: Medizinische Spektrophotometrie.
Prinzip und Anwendungsgebiete der Spektrophotometrie. S. 1.
Das Lambert-Beer'sche Absorptionsgesetz, S. 3.
Extinktion, Extinktionskoeffizient, S. 4.
Das Zeiß'sche Pulfrich-Photometer, S. 40.
Das Spektralphotometer von König & Martens, S. 17.
Das Kohlenoxydhaemoglobin:
Die quantitative Bestimmung von COHb und $O_2Hb$ in Mischung nebeneinander mit Hilfe charakteristischer Extinktionskoeffizientenverhältnisse nach Heilmeyer und Krebs. S. 89/90.
Der qualitative spektrophotometrische Nachweis kleinster Mengen von COHb im Gesamtblut. S. 92.

Oettel: Einfache, stufenphotometrische Kohlenoxydhaemoglobinbestimmung für klinische und forensische Zwecke.
Klin. Wochenschr. 1938, Nr. 29, S. 1019.

May, J.: Eine Methode zur schnellen und genauen Messung sehr kleiner Mengen von Kohlenoxydhaemoglobin im Blut.
Archiv für Gewerbepathologie und Gewerbehygiene. 1937, Bd. 8, Heft 1, S. 21.

Hoppe-Seyler: Virchows Archiv f. pathol. Anat., Bd. 13, S. 104.

Katayama: Virchows Archiv f. pathol. Anat., Bd. 114, S. 53.

Rubner: Archiv für Hygiene, Bd. 10, S. 397.

Kunkel: Sitzungsberichte d. Physikal. Med. Ges. Würzburg 1888, S. 86.

Salkowski: Deutsche Medizinalzeitung 1883, S. 316.

Landois: Deutsche Medizinalzeitung 1893, S. 526.

Rosenthaler, L.: Toxikologische Mikroanalyse: Kohlenoxyd, S. 40.

Scholten, C.: Deutsche Zeitschr. f. d. gesamte gerichtl. Med. 1938, Bd. 30, S. 292.
Über den Kohlenoxydnachweis im Blut.

Schwarzacher: Deutsche Zeitschr. f. d. gesamte gerichtl. Med. 1928, Bd. 12, S. 513.
Ein einfacher Kunstgriff zur Erkennung kohlenoxydhaltigen Blutes.

Liebmann: Viertelj.-Schrift gerichtl. Med. 1917, S. 85.



Herrn Professor Dr. Walcher danke ich besonders für die freundliche Überlassung des Themas.

## Lebenslauf.

Am 23. Dezember 1907 wurde ich, Werner Kurpiers, als Sohn des Gutsrendanten Peter Kurpiers und seiner Ehefrau Elisabeth geb. Usadel, zu Schlackow/Pommern geboren.

Ich besuchte die Volksschule in Schlackow und die Oberrealschule in Stolp, wo ich 1929 die Reifeprüfung ablegte.

Das medizinische Studium begann ich im Sommersemester 1929 in Göttingen und bestand hier 1931 die ärztliche Vorprüfung. Weiterhin studierte ich an den Universitäten Frankfurt a. M., Wien, München und seit dem Sommersemester 1933 in Würzburg. In Würzburg bestand ich im Februar 1935 das ärztliche Staatsexamen.

Als Medizinalpraktikant war ich an der hiesigen Universitätsklinik für Hals-, Nasen- und Ohrenkranke und medizinischen Poliklinik, sowie an der chirurg. Abteilung des Horst-Wessel-Krankenhauses in Berlin tätig.

Mit erlangter Approbation Anfang März 1936 war ich als Assistent an der chirurg. Abteilung des Horst-Wessel-Krankenhauses tätig.

Vom 1. 3. 1937 bis 28. 2. 1939 war ich Assistent am Kreiskrankenhaus in Schlochau/Ostpommern.

Ich versichere ehrenwörtlich, vorliegende Arbeit selbständig verfaßt und außer der angegebenen Literatur keine anderen Hilfsmittel benutzt zu haben.